Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 369-380

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۸۰-۳۶۹

اثر فاصله خطوط کشت و میزان بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزای پاییزه رقم اُکاپی در روش کشت مسطح در مقایسه با کشت جوی پشته‌ای

محمد یزداندوست همدانی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۰۹

چکیده

به‌منظور مقایسه روش کشت مسطح با کشت جوی‌پشته‌ای و همچنین تعیین بهترین فاصله خطوط کشت و میزان بذر در کشت مسطح کلزای پاییزه، این مطالعه در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان اجرا گردید. ۱۲ تیمار کشت مسطح (چهار فاصله خطوط کاشت ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر در ترکیب با سه مقدار بذر ۶، ۸ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار)، به‌همراه یک تیمار کشت جوی‌پشته‌ای (۲ خط کشت بر روی یک پشته، فاصله پشته‌ها ۶۰ سانتی‌متر و با مقدار بذر ۸ کیلوگرم در هکتار)، به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. تراکم بوته در واحد سطح بین روش‌های کشت و همچنین در مقادیر مختلف بذر و فواصل خطوط متفاوت بود. متوسط عملکرد دانه در کشت مسطح (۴۳۸۱ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری، حدود ۱۸ درصد، نسبت به کشت جوی‌پشته‌ای (۳۷۲۶ کیلوگرم در هکتار) بیشتر بود. در روش کشت مسطح، تغییر فاصله خطوط کاشت اثرات معنی‌داری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد داشت. بیشترین عملکرد دانه (۴۶۶۷ کیلوگرم در هکتار) از فاصله خطوط ۱۵ سانتی‌متر به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با فاصله ۲۰ سانتی‌متر نداشت. کاربرد مقدار بذر ۶ تا ۱۰ کیلوگرم در هکتار در روش کشت مسطح تأثیر معنی‌داری بر عملکردهای بیولوژیک و دانه نداشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، آرایش کاشت، تراکم بوته، کلزای زمستانه

مقدمه

زراعت کلزا (*Brassica napus* L.) نسبت به مدیریت مزرعه و انجام عملیات زراعی حساسیت و واکنش زیادی نشان می‌دهد. در این بین، انتخاب سیستم کشت، میزان بذر و تنظیم فاصله بین خطوط کشت تأثیر زیادی بر عملکرد دارد (Kutcher *et al*., 2013). میزان بذر و فاصله خطوط کشت عوامل اساسی برای دستیابی به تراکم گیاهی مطلوب هستند و ایجاد تراکم گیاهی مطلوب یکی از مهمترین عواملی است که بر عملکرد دانه کلزا تأثیرگذار است (Yazdifar and Rameeh, 2009).

تراکم گیاهی در کلزا با کنترل اجزای عملکرد دانه، عملکرد تک بوته را تعیین می‌کند. توزیع یکنواخت گیاهان در واحد سطح شرط لازم برای پایداری عملکرد است. گاهی اوقات کلزا در فاصله خطوط عریض کشت می‌شود تا امکان کولتیواتورزنی مکانیکی فراهم گردد. با این‌حال، در اکثر مناطقی که برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش استفاده می‌شود، فاصله خطوط باریکتر مورد توجه است (Ozer, 2003). کشت گیاهان در ردیف‌های باریک منجر به‌کاهش تبخیر از سطح خاک، جلوگیری از رشد علف‌های هرز، کاهش ورس و بهبود جذب مواد غذایی از خاک می‌شود. به‌علاوه هرچه فاصله بین ردیف‌های کاشت کمتر و فاصله روی ردیف‌ها بیشتر شود، توزیع گیاهان یکنواخت‌تر شده، رقابت بین گیاهان کاهش‌یافته و در نهایت عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Andrade and Calvino, 2002).

گیاهانی که در فاصله ردیف‌های خیلی زیاد رشد می‌کنند ممکن است استفاده مناسبی از عوامل طبیعی مانند نور، آب و مواد غذایی نداشته باشند، در فواصل خطوط بسیار باریک نیز رقابت درون ردیفی و بین ردیفی تشدید می‌گردد. بنابراین تنظیم فاصله خطوط کاشت به‌منظور دستیابی به حداکثر تولید، اهمیت بسیار زیادی دارد (Yazdifar and Rameeh, 2009).

نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد که فاصله ردیف کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه کلزا داشته و فاصله ردیف‌های کاشت

۱- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mh.yazdandoost@areeo.ac.ir)

باریکتر مزّیت بیشتری داشته‌اند، به‌عنوان نمونه در مطالعه‌ای با سه رقم کلزای بهاره، فاصله ردیف‌های ۱۵تا ۵۰ سانتی‌متری مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که حداکثر عملکرد دانه از فاصله ردیف‌های کمتر (۱۵ سانتی‌متر) به‌دست آمد (Atlasi-Pak *et al*., 2006). همچنین در مقایسه سه فاصله خطوط کشت ۱۲، ۱۸ و ۲۴ سانتی‌متر نیز گزارش شده است که عملکرد دانه در فاصله خطوط ۱۲ سانتی‌متر بیشتر بود و با افزایش فاصله خطوط کشت به ۱۸ و ۲۴ سانتی‌متر کاهش یافت (Yazdifar and Rameeh, 2009). در برخی مطالعات دیگر نیز نتایج مشابهی حاصل شده و فاصله ردیف‌های باریکتر عملکرد دانه بیشتری تولید کردند که این افزایش عملکرد به توزیع یکنواخت‌تر گیاهان و رقابت کمتر نسبت داده شد (Sincik *et al*., 2010; Kutcher *et al*., 2013).

بر خلاف این گزارش‌ها، در کانادا واکنش چهار رقم بهاره کلزا نسبت به چهار فاصله ردیف کاشت از ۷/۵ تا ۳۰ سانتی‌متر، طی سه سال بررسی و گزارش شد که عملکرد دانه و درصد روغن دانه تحت تأثیر فاصله ردیف قرار نگرفت (Johnson and Hanson, 2003). در مطالعه دیگری که به‌منظور تعیین فاصله خطوط کشت و میزان بذر مناسب ارقام مختلف کلزای بهاره انجام شد، در بین سه فاصله کشت ۲۵، ۳۰ و ۳۵ سانتی‌متر، فاصله کشت ۳۵ سانتی‌متر بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی در بوته را تولید کرد و عملکرد بالاتری داشت (Hosseini-Imani and Nasiri, 2004).

کاربرد مقادیر مختلف بذر در مطالعات مختلف، نتایج متفاوتی داشته است از جمله در مطالعه ارقام زمستانه کلزا در ترکیه، گزارش شده است که عملکرد دانه در میزان بذر ۸ تا ۱۶ کیلوگرم در هکتار تفاوت نداشت (Sincik *et al*., 2010). نتایج مطالعه دیگری نیز نشان داد که افزایش میزان بذر از ۳/۲ تا ۹/۶ کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه ارقام کلزا نداشت (Kutcher *et al*., 2013). امّا برخی محققان گزارش کردند که با افزایش میزان مصرف بذر از ۴ تا ۱۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه کلزا افزایش یافت و بیشترین عملکرد دانه از میزان بذر ۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (Zarei-Siahbidi *et al*., 2013).

آرایش کاشت و توزیع بوته‌ها در سطح زمین تحت تأثیر سیستم آبیاری قرار دارد. در سیستم آبیاری نشتی، کشت کلزا اغلب به‌صورت جوی و پشته‌ای انجام می‌شود که در این روش معمولاً دو خط کاشت در سطح یک پشته کشت می‌شوند. در این حالت، خطوط کشت در روی یک پشته به‌هم نزدیک بوده (۱۳ تا ۱۵ سانتی‌متر)، ولی فاصله با پشته مجاور بسیار بیشتر است (حدود ۴۵ تا ۴۷ سانتی‌متر). این وضعیت باعث ایجاد غیر یکنواختی در فاصله خطوط کشت و توزیع نامتقارن بوته‌ها در سطح زمین می‌شود. در سالیان اخیر، سیستم‌های آبیاری تحت فشار در سطح کشور توسعه‌یافته و این امکان را به‌وجود آورده است که بتوان با حذف جوی پشته و انجام کشت مسطح، فاصله خطوط کشت را تغییر داد و آرایش کاشت یکنواخت‌تری را در مزارع کلزا پیاده نمود. هدف از این مطالعه مقایسه کشت جوی‌پشته‌ای با کشت مسطح و پاسخ به‌این سوال بوده است که آیا با توجه به تغییر سیستم‌های آبیاری از نشتی به تحت فشار و بارانی، تغییر سیستم کشت از جوی پشته به مسطح چقدر لازم و ضروری است؟ تفاوت عملکرد دانه بین دو سیستم کشت چقدر است؟ و آیا کشاورزان می‌توانند از کارنده‌های جوی‌پشته کار که از قبل تهیه کرده‌اند و در اختیار اکثر آنها می‌باشد، استفاده کنند یا بهتر است کارنده مسطح‌کار تهیه کنند.

مواد و روش‌ها

آزمایش از پاییز سال ۱۳۹۰ به‌مدت دو سال زراعی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، ایستگاه اکباتان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۷۵۸ متر از سطح دریا انجام شد. منطقه آزمایش بر اساس طبقه‌بندی دومارتن در اقلیم نیمه خشک و بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه در اقلیم خشک و خیلی سرد قرار دارد. بر اساس داده‌های آماری ۲۵ ساله ایستگاه هواشناسی اکباتان، میانگین بلند مدت بارندگی سالیانه ۳۰۰ میلی‌متر و تعداد روزهای یخبندان ۱۲۷ روز در سال می‌باشد.

در این مطالعه ۱۳ تیمار شامل ۱۲ تیمار کشت مسطح (چهار فاصله خطوط کاشت ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر در ترکیب با سه مقدار بذر ۶، ۸ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار)، به‌همراه یک تیمار کشت جوی‌پشته‌ای که روش مرسوم منطقه است (فاصله پشته‌ها ۶۰ سانتی‌متر با ۲ خط کاشت بر روی یک پشته و با مقدار بذر ۸ کیلوگرم در هکتار)، به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم بهاره، استفاده از سیکلوتیلر جهت خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین به‌وسیله ماله در اوایل شهریور ماه هر سال انجام شد. خاک مزرعه لوم شنی بود و بر اساس نتایج آزمون خاک معادل ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره و ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریبل در هکتار، به‌ترتیب برای سال اول و دوم آزمایش مصرف شد. یک سوم کود اوره و تمام کود سوپر فسفات تریبل در زمان کاشت به‌طور یکنواخت در کل قطعه آزمایش پخش شد. باقیمانده کود اوره در دو نوبت در مراحل ساقه‌رفتن و ابتدای گلدهی به‌صورت سرک مصرف شد. هر واحد آزمایشی به‌عرض ۲/۴ متر و به‌طول ۵ متر بود. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم زمستانه و آزاد گرده‌افشان اُکاپی تولید سال ۱۳۹۰ و با قوه نامیه ۹۰ درصد بود. عملیات کاشت در سال اول و دوم به‌ترتیب در تاریخ‌های ۲۷ و ۲۵ شهریورماه به‌صورت دستی و نخستین آبیاری روز بعد با استفاده از سیستم آبیاری بارانی (کلاسیک نیمه ثابت) انجام شد.

کود ازته باقیمانده در هنگام شروع ساقه‌رفتن و اوایل غنچه‌دهی در دو نوبت به‌صورت سرک مصرف شد. برای مبارزه با شته مومی از سم متاسیستوکس با غلظت ۱/۵ در هزار در ابتدای مرحله گلدهی استفاده شد. در زمان رسیدگی از هر واحد آزمایشی ۵ بوته به‌صورت تصادفی از سطح خاک قطع شده و ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته و تعداد خورجین در بوته اندازه‌گیری شدند. تعداد دانه در خورجین در ۳۰ خورجین از هر کرت شمارش شد. در زمان رسیدگی، پس از حذف حاشیه، از خطوط میانی هر کرت در سطحی معادل ۱ متر مربع، بوته‌ها کف‌بُر شده و پس از شمارش دقیق تعداد بوته در واحد سطح، به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس عملکرد بیولوژیک در هر کرت اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه از برداشت محصول سطحی معادل ۶ متر مربع در هر کرت تعیین گردید. وزن هزار دانه بر اساس شمارش ۵ نمونهٔ ۲۰۰ عددی از محصول هر کرت تعیین شد.

در پایان دو سال آزمایش تجزیه واریانس مرکب ابتدا به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و با تقسیم اثر تیمار، روش کشت جوی‌پشته‌ای در برابر تیمارهای کشت مسطح مقایسه گردید، سپس به‌منظور تعیین اثرات اصلی میزان بذر و فاصله خطوط و اثر متقابل آنها در روش کشت مسطح، ۱۲ تیمار مربوطه به‌صورت آزمایش فاکتوریل تجزیه شدند. میانگین‌ها با آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. برای انجام محاسبات آماری از برنامه‌ی کامپیوتری SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که روش کشت جوی‌پشته‌ای و مسطح از نظر تراکم نهایی بوته اختلاف بسیار معنی‌داری داشتند (جدول ۱). تراکم بوته در کشت جوی‌پشته‌ای ۷۱/۷ و متوسط تراکم بوته در کشت مسطح ۹۳/۲ بوته در متر مربع بود، بنابراین در کشت مسطح تراکم بوته حدود ۳۰ درصد بیشتر بود (جدول ۳). در روش کشت جوی‌پشته‌ای دو خط کاشت با فاصله حدود ۱۵ سانتی‌متر در رأس یک پشته قرار دارند و فاصله پشته‌ها از یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر است. این حالت باعث می‌شود تعداد خطوط کاشت در واحد سطح زمین کاهش یافته و در نتیجه تراکم بوته و رقابت بین گیاهان در خطوط کشت بیشتر می‌شود. افزایش رقابت، افزایش تلفات بوته‌ها و در نهایت کاهش تراکم در واحد سطح را به‌دنبال دارد، حال آن‌که در روش کشت مسطح، تعداد خطوط کشت در واحد سطح زمین بیشتر بوده، در نتیجه فاصله بین گیاهان در روی خطوط افزایش یافته و با کاهش رقابت، بوته‌های بیشتری در واحد سطح زمین استقرار یافتند.

نتایج تجزیه فاکتوریل تیمارهای کشت مسطح (جدول ۲) نشان داد که تراکم بوته در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر فاصله خطوط کشت و مصرف میزان بذر قرار گرفت. با افزایش فاصله خطوط کشت، تراکم بوته کاهش یافت و فواصل خطوط باریکتر (۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری نسبت به‌فواصل خطوط عریض‌تر (۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر) تراکم بیشتری داشتند (جدول ۳). چنین استنباط می‌شود که در یک میزان بذر ثابت، در فواصل خطوط باریکتر، فاصله بین بوته‌ها در روی خطوط کشت بیشتر شده و رقابت بین آنها کاهش یافته و باعث کاهش تلفات بوته گردیده است. در تأیید این موضوع، محققین دیگری نیز گزارش کردند که با افزایش فاصله خطوط کشت از ۲۳ به۶۱ سانتی‌متر تراکم بوته ۲۶ درصد کاهش یافت (Kutcher *et al*., 2013).

افزایش مصرف بذر باعث افزایش تراکم بوته گردید. کمترین تعداد بوته در هر متر مربع (۷۳/۲ بوته) از میزان بذر ۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و با مصرف ۱۰ کیلوگرم بذر در هکتار، تراکم بوته به ۱۱۵/۰ بوته در هر متر مربع رسید. همانند این آزمایش در مطالعه دیگری نیز با افزایش میزان بذر مصرفی از ۳/۲ تا ۹/۶ کیلوگرم در هکتار، تراکم بوته از ۶۰ تا ۱۳۶ بوته در متر مربع افزایش پیدا کرد (Kutcher *et al*., 2013).

با افزایش تراکم بوته، رقابت بین گیاهان افزایش یافته و توانایی گیاه برای استفاده از عوامل محیطی و تولید ماده خشک به‌تدریج کاهش می‌یابد و در تراکم‌های زیاد میزان تلفات زمستانه بوته‌ها افزایش پیدا می‌کند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که آرایش کاشت نقش مهمی در استقرار تعداد بوته مطلوب در واحد سطح داشته است و در یک میزان بذر ثابت، تغییر فاصله ردیف کشت و آرایش بوته‌ها در واحد سطح، می‌تواند در تراکم بوته نهایی تأثیرگذار باشد، به عبارت دیگر آرایش بوته‌ها در واحد سطح و تراکم بوته در ارتباط با یکدیگر هستند.

ارتفاع بوته در روش کشت جوی‌پشته‌ای و مسطح تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱)، همچنین اثر فاصله خطوط کشت و میزان‌های مختلف بذر نیز بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جداول ۲ و ۳). در برخی مطالعات دیگر نیز گزارش شده است که تغییر فاصله ردیف کاشت (Hossein-Zadeh *et al*., 2007; Yazdifar and Rameeh, 2009) و مقادیر بذر ۶ تا ۱۰ کیلوگرم تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت (Keihanian *et al*., 2012).

تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در بوته بین کشت مسطح و جوی‌پشته‌ای در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۱) و در کشت جوی‌پشته‌ای به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت مسطح بود (به‌ترتیب ۶/۱ در برابر ۵/۰ شاخه فرعی و ۹۰/۶ در برابر ۷۳/۷ خورجین). به‌نظر می‌رسد تراکم بوته کمتر در کشت جوی‌پشته‌ای، باعث افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد خورجین در هر بوته گردیده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب برخی صفات زراعی و عملکرد دانه کلزا در روش کشت جوی‌پشته‌ای و مسطح با میزان بذر و فاصله ردیف‌های مختلف

Table 1- Combined analysis of variance for some agronomic traits and seed yield of winter oilseed rape in ridge and flat planting systems with different seeding rates and row spacing

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	تعداد بوته در متر مربع Plant per m^2	ارتفاع بوته Plant Height	شاخه فرعی در بوته Branch per plant	تعداد خورجین در بوته Pod per plant	تعداد دانه در خورجین Seed per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
			میانگین مربعات MS								
Year	سال	1	46.15^{ns}	7680.46**	107.5**	27421.9**	2514.9**	47.92**	330229985.3**	11167000.2**	2.92^{ns}
Rep (year)	تکرار (سال)	4	34.77	78.81	0.31	41.77	3.51	0.046	10027328.7	30759.83	9.35
Treatment	تیمار	12	2210.39**	29.00^{ns}	2.02**	509.83**	3.98^{ns}	0.21**	19888771.2**	569678.79**	5.78^{ns}
Ridge vs. Flat	پشته‌ای در برابر مسطح	1	1437.61**	12.51^{ns}	7.10**	1595.13**	5.83^{ns}	1.61**	65564285.3**	2374894.12**	12.32^{ns}
Year × Treatment	سال × تیمار	12	10.15^{ns}	48.88^{ns}	0.76*	38.59^{ns}	2.39^{ns}	0.10**	5427265.0^{ns}	194984.12^{ns}	1.70^{ns}
Error	اشتباه آزمایش	48	43.99	41.14	0.37	59.19	2.89	0.026	7681623	185949.44	4.56
C.V. (%)	ضریب تغییرات		7.2	7.15	12.0	10.3	8.2	3.8	13.2	9.9	10.2

* and **: Significant at the 5 and 1 percent probability levels, respectively

ns: Not significant

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns: غیر معنی‌دار

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برخی صفات زراعی و عملکرد دانه کلزا با میزان بذر و فاصله ردیف مختلف در روش کشت مسطح

Table 2- Combined analysis of variance for some agronomic traits and seed yield of winter oilseed rape with different seeding rates and row spacing in flat planting system

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	تعداد بوته در متر مربع Plant per m^2	ارتفاع بوته Plant Height	شاخه فرعی در بوته Branch per plant	تعداد خورجین در بوته Pod per plant	تعداد دانه در خورجین Seed per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
			میانگین مربعات MS								
Year	سال	1	34.72^{ns}	7527.64^{**}	97.77^{**}	25353.77^{**}	2306.33^{**}	46.59^{**}	290231505.9^{**}	9843077.78^{**}	2.35^{ns}
Rep (Year)	تکرار (سال)	4	31.05	80.84	0.17	57.74	4.45	0.061	9807063.0	20898.15	10.73
Row spacing (R)	فاصله خط	3	610.28^{**}	44.51^{ns}	1.44^{*}	402.35^{**}	0.50^{ns}	0.20^{**}	33431405.9^{*}	1148238.54^{**}	2.26^{ns}
Year × R	سال × فاصله خط	3	2.13^{ns}	18.81^{ns}	0.35^{ns}	16.24^{ns}	5.16^{ns}	0.007^{ns}	5267283.7^{ns}	77594.36^{ns}	2.03^{ns}
Seed rate (S)	میزان بذر	2	10557.06^{**}	1.84^{ns}	5.30^{**}	1350.43^{**}	0.17^{ns}	0.06^{ns}	1274352.8^{ns}	102330.25^{ns}	0.13^{ns}
Year × S	سال × میزان بذر	2	15.39^{ns}	14.01^{ns}	0.46^{ns}	108.71^{ns}	0.07^{ns}	0.31^{**}	14230003.9^{ns}	645520.56^{*}	2.18^{ns}
R × S	فاصله خط × میزان بذر	6	168.83^{**}	33.06^{ns}	0.37^{ns}	102.48^{ns}	6.67^{ns}	0.032^{ns}	14133249.7^{ns}	135312.54^{ns}	10.27^{ns}
Year × R × S	سال×فاصله خط× میزان بذر	6	13.24^{ns}	69.46^{ns}	1.18^{*}	32.78^{ns}	2.14^{ns}	0.032^{ns}	3089630.8^{ns}	124375.48^{ns}	1.63^{ns}
Error	اشتباه آزمایش	44	45.54	44.10	0.38	57.73	3.03	0.025	8293760.7	193157.21	4.79
C.V. (%)	ضریب تغییرات		7.2	7.4	12.3	10.3	8.3	3.6	13.6	10.1	10.5

* and **: Significant at the 5 and 1 percent probability levels, respectively.

ns: Not significant

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns: غیر معنی‌دار

جدول ۳ – مقایسه میانگین برخی صفات زراعی و عملکرد دانه کلزا در روش کشت جوی و پشته و مسطح با میزان بذر و فاصله ردیف‌های مختلف

Table 3- Mean comparison for some agronomic traits and seed yield of winter oilseed rape in ridge and flat planting systems with different seeding rates and row spacing

		تعداد بوته در متر مربع Plant per m^2	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته Branch per plant	خورجین در بوته Pod per plant	تعداد دانه در خورجین Seed per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index
Planting method روش کاشت										
Ridge planting	پشته‌ای	71.7 b	91.1 a	6.1 a	90.6 a	19.9 a	3.77 b	18136.0 b	3726.4 b	20.5 a
Flat planting	مسطح	93.2 a	89.6 a	5.0 b	73.7 b	20.9 a	4.31 a	21171.2 a	4381.2 a	20.9 a
Row spacing (cm) فاصله خطوط										
15		99.3 a	88.3 a	4.8 b	67.8 c	21.0 a	4.42 a	22379.7 a	4667.4 a	21.15 a
20		96.4 a	88.5 a	4.8 b	72.5 bc	20.8 a	4.32 a	21929.6 a	4485.7 ab	20.68 a
25		90.7 b	91.7 a	4.9 b	75.1 ab	21.0 a	4.32 a	21082.7 ab	4291.5 bc	20.57 a
30		86.3 b	89.8 a	5.4 a	79.1 a	20.7 a	4.17 b	19292.7 b	4080.3 c	21.29 a
Seeding rate (kg ha^{-1}) میزان بذر										
6		73.2 c	89.7 a	5.4 a	81.7 a	20.9 a	4.33 a	20939.7 a	4327.8 a	20.9 a
8		91.4 b	89.8 a	5.1 a	72.3 b	20.9 a	4.25 a	21400.5 a	4454.0 a	20.9 a
10		115.0 a	89.3 a	4.5 b	66.9 c	20.8 a	4.34 a	21173.3 a	4361.8 a	20.8 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters are not significantly different at the 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

در شرایط کشت مسطح نیز تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر تغییر فاصله خطوط کشت و میزان بذر قرار گرفتند (جدول ۲). با افزایش فاصله خطوط، تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در هر بوته افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد شاخه فرعی و خورجین در هر بوته (۵/۴ شاخه و ۷۹/۱ خورجین) از فاصله خطوط کشت ۳۰ سانتی‌متری حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با خطوط کشت باریکتر داشتند (جدول ۳). افزایش میزان بذر مصرفی باعث کاهش معنی‌دار در تعداد شاخه فرعی و خورجین در هر بوته گردید (جدول ۳).

در برخی مطالعات دیگر نیز گزارش شده است که افزایش فاصله ردیف باعث افزایش تعداد شاخه‌های فرعی در بوته گردیده است (Ozer, 2003; Hosseini-Imani and Nasiri, 2004). کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در فواصل باریک را می‌توان به‌کاهش میزان نفوذ نور در بخش پایین پوشش گیاهی و عدم فعالیت جوانه‌های تشکیل‌دهنده‌ی شاخه نسبت داد (Rabiei, 2011). تغییر تعداد شاخه‌های فرعی با تغییر در تعداد خورجین در بوته همراه است و همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین این دو صفت وجود داشت (جدول ۴) که سایر محققان نیز به‌آن اشاره کرده‌اند (Hossein-Zadeh *et al*., 2007). در مطالعه دیگری اثر فاصله ردیف کاشت بر تعداد خورجین در گیاه، معنی‌دار گزارش شده و بیان گردید که ردیف‌های عریض‌تر به‌دلیل افزایش تعداد شاخه فرعی، بیشترین تعداد خورجین در بوته را داشتند (Rabiei, 2011). تعداد خورجین در بوته از صفات بسیار مهمی است که عملکرد دانه به‌شدت به‌آن وابسته است، زیرا از یک طرف در برگیرنده تعداد دانه بوده و از سوی دیگر با تأمین قسمتی از مواد فتوسنتزی مورد نیاز بر وزن دانه‌ها تأثیرگذار است. پس از مرحله گلدهی با کاهش سطح برگ بوته، خورجین‌های سبز نقش مهمی در فتوسنتز گیاه دارند (Eilkaei and Emam, 2003). به‌عبارت دیگر دو جزء اصلی عملکرد یعنی تعداد دانه و وزن دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در این مطالعه تراکم بوته با تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در بوته همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (جدول ۴). در مطالعات متعدد دیگر نیز به‌کاهش تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد خورجین در گیاه با افزایش میزان مصرف بذر اشاره شده است (Angadi *et al*., 2003; Keihanian *et al*., 2012; Zarei-Siahbidi *et al*., 2013).

تغییر تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در هر بوته را می‌توان با تراکم بوته مرتبط دانست بدین گونه که ایجاد تراکم گیاهی بیشتر در واحد سطح از طریق افزایش مصرف بذر یا فواصل خطوط باریکتر، باعث رقابت بیشتر بین گیاهان شده و منجر به‌کاهش تعداد شاخه فرعی و خورجین در هر بوته گردیده است.

متوسط تعداد دانه در خورجین بین دو روش کشت جوی‌پشته‌ای و مسطح اختلاف معنی‌داری نداشت و در روش کشت مسطح نیز تعداد دانه در خورجین تحت تأثیر تغییر فاصله خطوط کشت و میزان بذر مصرفی قرار نگرفت (جداول ۱ و ۳). در برخی مطالعات دیگر نیز گزارش شده است که میزان بذر (Keihanian *et al*., 2012; Zarei-Siahbidi *et al*., 2013)، تراکم بوته (Roozbahani *et al*., 2013) و فاصله ردیف‌های کشت (Hossein-Zadeh *et al*., 2007) تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در خورجین نداشت. هرچند برخی محققین معتقدند که تعداد دانه در خورجین بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Rao and Mendham, 1991)، اما گزارشاتی نیز وجود دارد که افزایش فاصله ردیف کاشت، باعث افزایش تعداد دانه در خورجین گردیده است (Ozer, 2003) و در گزارش دیگری با افزایش فاصله ردیف و میزان بذر، تعداد دانه در خورجین به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Faraji, 2004).

وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد بین دو روش کشت متفاوت (جدول ۱) و در روش کشت مسطح (۴/۳۱ گرم) بیشتر از کشت جوی‌پشته‌ای (۳/۷۷ گرم) بود (جدول ۳). از آنجایی‌که در روش کشت جوی‌پشته‌ای، متوسط تعداد خورجین در هر بوته بیشتر بود و تعداد دانه در خورجین نیز تفاوت معنی‌دار نداشت، بنابراین کشت جوی‌پشته‌ای دارای تعداد دانه بیشتری در هر بوته بوده است که به‌نظر می‌رسد همین عامل باعث گردید تا وزن هزار دانه در کشت جوی‌پشته‌ای نسبت به‌کشت مسطح به‌طور معنی‌داری کمتر گردد.

وزن هزار دانه تحت تأثیر فاصله خطوط کشت قرار گرفت و با افزایش فاصله خطوط کشت به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری که فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متری با ۴/۱۷ گرم کمترین وزن هزاردانه را داشت. اما کاربرد مقادیر بذر ۶ تا ۱۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت (جداول ۱ و ۳). در برخی مطالعات دیگر نیز نتایج مشابهی به‌دست آمده است، در بررسی سه فاصله ردیف ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متری بر عملکرد کلزای بهاره گزارش شد که با افزایش فاصله کاشت، وزن هزار دانه کاهش یافت (Rabiei, 2011). اما مطالعاتی نیز وجود دارد که گزارش نموده‌اند فاصله ردیف ۱۵ تا ۴۵ سانتی‌متر و تراکم‌های مختلف بوته بر وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری نداشت (Ozer, 2003). در برخی مطالعات دیگر نیز اشاره شده است که وزن هزار دانه تحت تأثیر میزان مصرف بذر قرار نگرفت (Keihanian *et al*., 2012; Zarei-Siahbidi *et al*., 2013).

همبستگی بین وزن هزار دانه با تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در بوته منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴). وزن هزار دانه آخرین جزء عملکرد است و روند تغییرات آن به‌مقدار زیادی تحت تأثیر دیگر

اجزای عملکرد قرار می‌گیرد (Sarmadnia and Koocheki, 1994). از طرف دیگر بیان شده است که وزن هزار دانه به‌میزان هیدرات کربن ذخیره شده در شروع پر شدن دانه و ژنوتیپ گیاه بستگی دارد (Eilkaei and Emam, 2003). بنابراین به‌نظر می‌رسد که در روش کشت جوی‌پشته‌ای و نیز در فاصله خطوط عریض‌تر، با افزایش تعداد خورجین در بوته و ثابت بودن تعداد دانه در هر خورجین، تعداد دانه در بوته افزایش یافته و در نتیجه تخصیص مواد فتوسنتزی به‌دانه‌های موجود کاهش یافت.

عملکردهای دانه و بیولوژیک در روش کشت مسطح و جوی‌پشته‌ای در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کشت مسطح با متوسط عملکرد دانه ۴۳۸۱/۲ کیلوگرم در هکتار نسبت به‌کشت جوی‌پشته‌ای (با عملکرد ۳۷۲۶/۴ کیلوگرم در هکتار) حدود ۱۸ درصد برتری عملکرد داشت. در مورد عملکرد بیولوژیک نیز کشت مسطح برتری معنی‌دار و مشابهی داشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد در روش کشت مسطح، با توزیع یکنواخت‌تر گیاهان در واحد سطح و کاهش رقابت بین آنها، فضای مناسب‌تری برای رشد در اختیار گیاهان قرار گرفته است که افزایش عملکردهای بیولوژیک و دانه را به‌دنبال داشت.

در روش کشت مسطح، تغییر فاصله خطوط کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکردهای بیولوژیک و دانه به‌ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد داشت (جدول ۲). بیشترین مقادیر عملکردهای بیولوژیک و دانه از فاصله خطوط باریکتر (۱۵ سانتی‌متری) حاصل شد و با افزایش فاصله خطوط کشت عملکردهای بیولوژیک و دانه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کردند، به‌طوری‌که در فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر نسبت به۱۵ سانتی‌متر، عملکردهای بیولوژیک و دانه به‌ترتیب حدود ۱۳/۸ و ۱۲/۶ درصدکاهش یافتند (جدول ۳).

نتایج سایر محققین نیز بیانگر آن است که با کاهش فواصل ردیف، عملکرد دانه افزایش می‌یابد. از جمله در مطالعه فاصله ردیف‌های ۱۵ تا ۵۰ سانتی‌متر در ارقام بهاره کلزا، حداکثر عملکرد دانه در فاصله ردیف‌های کمتر (۱۵ سانتی‌متر) به‌دست آمد و اعلام شد که فواصل ردیف کمتر منجر به‌افزایش راندمان مصرف نور، افزایش تولید ماده خشک و عملکرد دانه گردید (Atlasi-Pak *et al.*, 2006). افزایش عملکرد دانه در ردیف‌های باریکتر نسبت به‌ردیف‌های عریض‌تر به‌دلیل توزیع یکنواخت‌تر گیاهان در سطح زمین است که باعث توزیع مناسبتر تابش خورشیدی در سطح پوشش گیاهی شده و در نتیجه باعث کاهش رقابت بین گیاهان می‌شود (Andrade and Calvino, 2002; Ozer, 2003).

کاربرد مقدار بذر ۶ تا ۱۰ کیلوگرم در روش کشت مسطح بر عملکردهای بیولوژیک و دانه تأثیر معنی‌داری نداشت (جداول ۲ و ۳). در برخی گزارشات دیگر نیز اشاره شده است که کلزا نسبت به‌میزان مصرف بذر انعطاف‌پذیری زیادی دارد به‌طوری‌که با فراهم بودن عواملی همانند نور، آب و تغذیه مناسب می‌تواند از طریق تغییر در توسعه شاخه‌های جانبی و سایر اجزای عملکرد، تغییرات تعداد گیاه در واحد سطح را جبران کند (Angadi *et al.*, 2003). در مطالعات دیگری نیز از کاربرد مقادیر بذر ۸ تا ۱۶ کیلوگرم در هکتار (Sincik *et al.*, 2010) و یا ۳/۲ تا ۹/۶ کیلوگرم در هکتار (Kutcher *et al.*, 2013) نتایج مشابهی به‌دست آمده است. این محققین نیز قدرت جبران‌پذیری بین اجزای عملکرد کلزا را عامل عدم اختلاف بین میزان بذرها دانستند.

با این حال در برخی مطالعات دیگر گزارشات متفاوتی ارائه شده است، از جمله اینکه در کلزای پاییزه با افزایش مصرف بذر از ۴ تا ۱۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین عملکرد از بیشرین مقدار بذر به‌دست آمد. افزایش مصرف بذر باعث کاهش تعداد شاخه فرعی و خورجین در بوته گردید ولی عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران گردید (Zarei-Siahbidi *et al.*, 2013). در مقابل محققین دیگر از کاربرد ۶ تا ۱۰ کیلوگرم بذر در هکتار گزارش دادند که بیشترین عملکرد دانه از کمترین مقدار بذر مصرفی (۶ کیلوگرم در هکتار) حاصل شده است (Keihanian *et al.*, 2012).

نتایج متفاوتی که در آزمایشات مختلف به‌دست آمده است، می‌تواند ناشی از چندین عامل باشد. اول اینکه در برخی مطالعات ارقام بهاره و در برخی دیگر ارقام زمستانه مورد استفاده بوده‌اند، نوع رقم مورد استفاده نیز متفاوت بوده است و ممکن است واکنش ارقام مختلف نسبت به‌تغییرات تراکم و میزان بذر متفاوت باشد، برخی ارقام تراکم‌پذیری کمتر و برخی دیگر تراکم‌پذیری بیشتری داشته باشند. دوم اینکه در بیشتر مطالعات با کاربرد مقدار بذرهای متفاوت، تراکم نهایی بوته بررسی و گزارش نشده است، بنابراین ممکن است در کاربرد مقادیر زیاد بذر، تلفات بوته‌ها نیز بیشتر بوده و در نهایت از نظر تراکم بوته بین مقادیر مختلف بذر تفاوت چندانی وجود نداشته است.

در مطالعه حاضر عملکرد دانه با ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین، شاخص برداشت و تراکم گیاهی همبستگی معنی‌داری نداشت. همبستگی بین عملکرد دانه با وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیکی مثبت و معنی‌دار و با تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در بوته منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴).

از نظر شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری بین دو روش کشت مشاهده نشد (جدول ۱). عملکرد دانه و بیولوژیک در کشت مسطح برتری معنی‌دار و مشابهی داشت و این امر باعث عدم اختلاف شاخص برداشت بین دو روش کشت گردید (جدول ۳). در روش کشت مسطح، تغییر فاصله خطوط کاشت و کاربرد مقادیر بذر ۶ تا ۱۰ کیلوگرم بر شاخص برداشت اثر معنی‌داری نداشت (جداول ۲ و ۳). در مطالعه دیگری با افزایش فاصله ردیف از ۲۰ به۳۰ سانتی‌متر، شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این محققین گزارش کردند

که افزایش فاصله ردیف بر عملکرد دانه تأثیری نداشت، امّا عملکرد بیولوژیک را افزایش داد که منجر به‌کاهش شاخص برداشت گردید (Hossein-Zadeh *et al*., 2007).

جدول ٤- ضرایب همبستگی ساده بین برخی صفات زراعی مورد بررسی

Table 4- Correlation coefficients between some agronomic traits

			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Plant Height	ارتفاع بوته	(1)	1.00								
Branch per plant	شاخه فرعی در بوته	(2)	0.23	1.00							
Pods per plant	خورجین در بوته	(3)	0.09	0.84**	1.00						
Seeds per pod	دانه در خورجین	(4)	-0.02	-0.28	-0.27	1.00					
1000-seed weight	وزن هزار دانه	(5)	-0.33	-0.64*	-0.56*	0.25	1.00				
Seed yield	عملکرد دانه	(6)	-0.31	-0.63*	-0.66*	0.05	0.76**	1.00			
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	(7)	-0.43	-0.48	-0.43	-0.18	0.69**	0.83**	1.00		
Harvest index	شاخص برداشت	(8)	0.30	-0.08	-0.22	0.44	-0.06	0.02	-0.53	1.00	
Plant density per m^2	تراکم گیاهی	(9)	-0.31	-0.86**	-0.82**	0.01	0.41	0.41	0.36	-0.03	1.00

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **: Significant at the 5 and 1 percent probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش و مقایسه روش کشت جوی‌پشته‌ای با مسطح نشان داد که تعداد خطوط کشت و در نتیجه الگوی توزیع گیاهان در واحد سطح، بین دو روش کشت متفاوت بود. در روش کشت جوی‌پشته‌ای، به‌دلیل تجمع گیاهان در سطح پشته و کاهش فاصله بین گیاهان در روی خطوط کشت، رقابت بین آنها افزایش یافت که باعث کاهش تراکم نهایی بوته در واحد سطح شد. تراکم کمتر بوته، منجر به‌افزایش شاخه‌دهی و تولید تعداد بیشتری خورجین در هر بوته گردید که خود منجر به‌کاهش وزن هزار دانه شد. افزایش شاخه‌دهی و تولید خورجین بیشتر در روش کشت جوی‌پشته‌ای نتوانست کمبود تراکم را جبران کند و در نهایت عملکرد دانه کاهش یافت. در کشت مسطح تراکم بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت جوی‌پشته‌ای بود.

در روش کشت مسطح، فاصله خطوط باریکتر برتری معنی‌داری نشان دادند. در فاصله خطوط باریکتر، تعداد خطوط کشت در واحد سطح بیشتر بود، این عامل باعث شد تا برای مقدار ثابتی از بذر مصرفی، فاصله بین بوته‌ها در روی خطوط کشت افزایش یابد، به‌دلیل توزیع یکنواخت‌تر بوته‌ها در واحد سطح و در نتیجه رقابت کمتر بین بوته‌ها، تراکم نهایی در واحد سطح زمین افزایش یافت، با افزایش تراکم نهایی بوته، تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در هر بوته کاهش یافت، اما در نهایت، افزایش وزن هزار دانه باعث تولید عملکرد دانه بیشتر گردید. ضمن اینکه عملکرد بیولوژیک بیشتر در فاصله خطوط باریکتر، پتانسیل لازم برای پرکردن دانه‌ها و افزایش وزن هزار دانه را ایجاد کرد. با توجه به‌نتایج حاصل به‌نظر می‌رسد کشت مسطح کلزا در فواصل ردیف ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر و با مقدار بذر ۶ کیلوگرم در هکتار جهت کشت ارقام پاییزه کلزا قابل توصیه می‌باشد.

References

1. Andrade, F. H., and Calvino, P. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. Agronomy Journal 94: 975-980.
2. Angadi, S. V., Cutforth, H. W., McConkey, B. G., and Gan, Y. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semi-arid conditions. Crop Science 43: 1358-1366.

3. Atlasi‒Pak, V., Mamaghani, R., Mesgarbashi, M., and Nabipour, M. 2006. Effect of planting arrangement on radiation use efficiency and dry matter accumulation in three spring rapeseed varieties. Scientific Journal of Agriculture 29 (4): 139-152. (in Persian with English abstract).
4. Eilkaei, M. N., and Emam, Y. 2003. Effect of plant density on yield and yield components in two winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Agricultural Science 34 (1): 509-515. (in Persian with English abstract).
5. Faraji, A. 2004. Effect of row spacing and seed rate on yield and yield components of rapeseed cv. Quantum in Gonbad. Seed and plant 20 (3): 297-314. (in Persian with English abstract).
6. Hosseini-Imani, S., and Nasiri, M. 2004. Study and determination of suitable row spacing and seeding rate of oilseedrape cultivars in rice field. Rice Research Institute of Iran (in Persian with English abstract).
7. Hossein Zadeh, M. H., Isfahani, M., Rabiei, B., and Rabiee, M. 2007. Effect of row spacing on grain yield and its components and radiation use efficiency in four rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars grown in paddy fields in Guilan. Iranian Journal of Crop Sciences 9 (3): 263-281. (in Persian with English abstract).
8. Johnson, B. L., and Hanson, B. K. 2003. Row-spacing interactions on spring canola performance in the Northern Great Plains. Agron. J. 95: 703-708.
9. Keihanian, A. M., Mobasser, H. R., Sam-Daliri, M., Bakhshipour, S., and Mohammadi, S. 2012. Effect of seeding rate and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative traits of rapeseed as second crop after rice in Mazandaran. Crop physiology Journal. Azad University, Ahvaz branch. 4 (15): 43-57. (in Persian with English abstract).
10. Kutcher, H. R., Turkington, T. K., Clayton, G. W., and Harker, K. N. 2013. Response of herbicide-tolerant canola (*Brassica napus* L.) cultivars to four row spacings and three seeding rates in a no-till production system. Can. J. Plant Sci. 93: 1229-1236.
11. Ozer, H. 2003. Sowing data and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. Eur. J. Agron. 19: 453-463.
12. Rabiei, M. 2011. Effect of row spacing and nitrogen fertilizer rates on grain yield and agronomic characteristics of rapeseed cv. Hayola 308 as second crop in paddy fields of Guilan in Iran. Seed and Plant. 27-2 (4): 399-415. (in Persian with English abstract).
13. Yazdifar, S. and Rameeh, V. 2009. Effects of row spacing and seeding rates on some agronomical traits of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Central Eur. J. Agric. 10: 115-122.
14. Rao, M. S. S., and Mendham, N. J. 1991. Comparison of canola (*B. campestris* and *B. napus*) oilseed rape using different growth regulators, plant population densities and irrigation treatments. J. Agric. Sci. Camb. 177: 177-187.
15. Roozbahani, A., Azadi, A., and Sadeghi, M. 2013. Evaluation the effect of planting date and plant density on yield, yield component and oil of fall rape oil seed in Karaj. Journal of agronomy and plant breeding 9 (1): 91-101. (in Persian with English abstract).
16. Sarmadnia, Gh., and Koocheki, E. 1994. Crop physiology. Jihad-e-Daneshghahi of Mashhad University Publications. 470 p. (in Persian with English abstract).
17. Sincik, M., Goksoy, A. T., and Turan, Z. M. 2010. Influence of sowing properties on winter oilseed rape in a sub-humid Mediterranean environment. Not. Bot. Hortic. Agrobot. Cluj. 38: 171-175.
18. Zarei-Siahbidi, A., Rezaei-Zad, A., and Niazi-Fard, A. 2013. Effect of seeding rate and nitrogen fertilizer on seed yield and its components of oilseed rape cv. Opera. Seed and plant 29 (4): 429-441. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 369-380

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۸۰-۳۶۹

Effect of Row Spacing and Seeding Rate on Seed Yield and Yield Components of Winter Oilseed Rape cv. Okapi in Flat versus Ridge Planting

M. Yazdandoost Hamedani[1*]

Received: 23-01-2017
Accepted: 30-12-2017

Introduction

Rapeseed shows great sensitivity to farm management and agronomic operations. Specially, planting method, seeding rate and row spacing have big effects on yield. The seeding rate and row spacing are critical factors for achieving optimum plant density and this is one of the most important factors affecting the seed yield of rapeseed. In addition, uniform distribution of plants per unit area is required for yield sustainability. Rapeseed is planted in narrow and wide row spacing. With decreasing in row spacing and increasing of distance between plants, plants distribution becomes more uniform, competition between plants is reduced and finally, seed yield increases. In cold and semi-cold areas of Iran, rapeseed is planted as an irrigated crop. Plants arrangement and distribution in surface area are affected by irrigation system, too. In furrow irrigation, rapeseed is planted only on the upper level of the ridges and thus plant distribution is non-uniform. With the using of sprinkler systems, flat planting is possible and plant arrangement becomes more uniform.

Materials and Methods

In order to compare the flat with ridge planting and to determine the best row spacing and seeding rate in flat planting of winter rapeseed, a field experiment was conducted in Hamedan Agriculture and Natural Resources Research Center in 2011-2013 cropping seasons. Combination of four row spacing (15, 20, 25 and 30 centimeters) with three seeding rates (6, 8 and 10 kg ha^{-1}) in flat planting method and check treatment (ridge planting with two rows on each ridge using 8 kg ha^{-1} seeding rate), totally 13 treatments, were studied in a Randomized Complete Block design with three replications during the growing season and in harvest time, some agronomic traits such as number of plants per m^2, plant height, number of branches and pods per plant, seeds per pod, 1000-seed weight, biological and seed yield and harvest index were measured. RCBD and factorial analysis of variance were done using SAS software and mean comparison was carried out using Duncan's multiple range test 5% probability level.

Results and Discussion

The plant densities between flat and ridge planting, seeding rates and row spacing were different because of difference in plant arrangement. Ridge planting (check treatment) had the highest plant height, number of branches and pods per plant, and the lowest 1000-seed weight and seed yield in comparison with flat planting treatments. In flat planting, seed yield and yield components significantly affected by row spacing. Row spacing of 15-20 centimeters produced the highest seed yield. In flat planting, using of 6-10 kg seeds per hectare had not significant effects on biological and seed yield. Narrower than the wider row spacing increased grain yield due to more uniform distribution of plants in the ground, Which leads to better absorption of solar radiation in plant canopy and consequently reduce competition between plants.

1- Scientific member, Seed and Plant Improvement Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: mh.yazdandoost@areeo.ac.ir)

Conclusions

The results of this experiment showed that in ridge planting, competition between plants increased and final plant density reduced. In contrast, flat planting had more uniform arrangement that decreased inter and intra row competition, increased plant density per unit area and finally produced higher biological and seed yield. Average seed yield in flat planting method was 4381 kg ha^{-1} which was about 18% higher than ridge planting. Based on these results, it seems that flat planting with 15-20 cm row spacing and 6-10 kg ha^{-1} could be used for winter oilseed rape.

Keywords: Planting arrangement, Plant density, Sprinkler irrigation, Winter oilseed rape